Чирухи, Уде, Уравели плотность поселений Прометеевых полевок колеблется от 3 де 23 *экз/га*. Средняя численность полевок по годам показана на рис. 2. Как видно из этих данных самая низкая численность Прометеевых полевок наблюдалась в 1963 г. (7 *экз/га*), в 1968 г. (8 *экз/га*) и в 1970 г. (6 *экз./га*). За 11 лет (1960—1971 гг.) на Большом и Малом Кавказе было добыто 462 Прометеевых полевки для бактериологического исследования, но возбудители опасных инфекций у них не обнаружены.

Дальнейшие наблюдения за этими полевками в Грузии позволят расширить наши знания об их экологических особенностях и возможной роли в эпизоотологии чумы. Следует учесть, что в ряде мест на одних и тех же территориях имеются поселения Прометеевых и обыкновенных полевок. Как известно, в условиях Закавказья обыкновенная полевка является переносчиком чумы.



Рис. 2. Численность Прометеевых полевок в границах ареала.

ЛИТЕРАТУРА

Авалиани Р. Ш. 1961. Новые данные по фауне грызунов Аджарии. Зоол. журн., т. XXXX, в. 2.

Алания И. И., Дзнеладзе М. Т., Ростигаев Б. А., Ширанович П. И. 1971. Опыт ландшафтно-экологического анализа фауны мелких млекопитающих и их блок Аджарской АССР. Зоол. журн., т. L, в. 4.

Алания И. И., Ростигаев Б. А., Ширанович П. И., Дзнеладзе М. Т. 1964. Материалы к фауне блох Аджарии. Тр. Армян. противочум. станции, в. 3. Ереван.

Беме Л. Б. 1925. К биологии и к распространению некоторых грызунов Северного Кавказа. Тр. Сев.-Кавказ. краевой станц. защ. раст. от вредит. и бол. Владикавказ.

Шидловский М. В. 1940. Новые данные по фауне грызунов Грузии. Сообщ. Груз. фил. АН СССР, т. I, № 2.

Поступила 24.VII 1972 г.

УДК 591.4.177.599

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ БИОСТАТИКИ ГРУДНЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕТВЕРОНОГИХ

С. Ф. Манзий, В. И. Клыков

(Институт зоологии АН УССР)

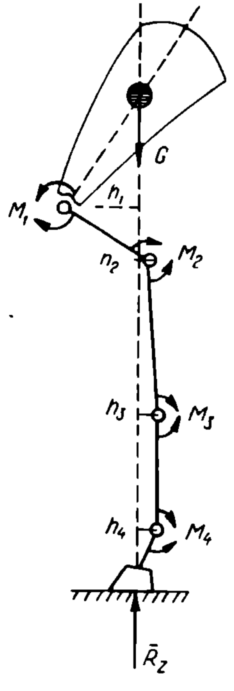
Мы неоднократно подчеркивали исключительно большое значение органов локомоции в жизни животных и человека, а также то, что, хотя исходной функцией этих органов является перемещение тела в пространстве, все же в процессе эволюции наземной локомоции прогрессивно развиваются механизмы продолжительного стояния животного на выпрямленных конечностях. Наиболее совершенны эти механизмы у копытных и особенно у лошади, которая может месяцами не ложиться, отдыхая стоя. Долгое время считали, что эти механизмы изучены и достаточно полно описаны.

Однако сравнительно-анатомический и функциональный анализ механизмов статики позволил нам (Манзий, 1952) дополнить существовавшее описание статики грудных конечностей копытных, введя понятие запертости разогнутой конечности и показав, что роль такого «запора» играет запястный сустав. В силу незначительного переразгибания (hyperextensio) этого сустава у копытных во время стояния в нем возникает момент силы гравитации, направленный на дальнейшее переразгибание сустава и нужны равные этому моменту по величине и обратные по знаку мышечно-связочные моменты,

которые фиксировали бы сустав в статическом положении. А так как все другие суставы лошади и многих пальце- и фалангоходящих находятся под связью с запястьем, то запирание последнего превращает конечность в неподгибаемую опору. У стопоходящих статика обеспечивается почти исключительно мышечными моментами, поэтому она утомительна и животные используют каждую возможность, чтобы лечь. У пальцеходящих значительную роль в этом играют соединительнотканные образования и статика у них менее утомительна. У копытных же роль мускулов в статике сведена до минимума, что является их большим преимуществом.

Но для полного анализа механизмов статики конечностей животных нужно применять методы механики, а для этого следует использовать не только качественные, но и количественные методы их изучения: определение физикомеханических и химических свойств тканей, подография движений, механография суставов, электромиография, геометрия суставов и др. Подобный анализ провели Н. А. Бернштейн (1947, 1961), И. Ш. Морейнис (1962), Дж. Милсум (1968), Р. Александер (1970) и др. В этом же плане изучается статика и локомоция четвероногих в нашей лаборатории, и настоящее сообщение посвящено анализу некоторых принципиальных условий статики грудных конечностей.

Прежде всего подчеркнем, что термин «статика», позаимствованный из механики, не отражает специфики живых систем и должен быть заменен термином «биостатика», подобно тому, как для определения механики живых систем употребляется термин «биомеханика». Если для технических сооружений и даже для растений статика — это устойчивое, относительно неизменное положение в пространстве, то у животных — это всегда неустойчивое равновесие, поддерживаемое большим или меньшим усилием мышц и сопровождаемое деформацией опорных элементов: связок, сухожилий, хрящей и даже костей. В силу этого тело животного не может долго находиться в неизменном статическом положении, животное должно время от времени изменять позу, чередуя загрузку компонентов, причем, чем меньше мышц участвует в биостатике, тем реже животное меняет статическую позу. Здесь мы видим прямую эволюционную последовательность нарастания этого качества конечностей от амфибий к рептилиям, далее к млекопитающим, и у последних — от стопоходящих к пальце- и фалангоходящим. Главным показателем совершенства биостатики является экономия мышечной энергии и сохранение при этом нормальных условий гемодинамики в компонентах конечностей.



Схематическое изображение грудной конечности лошади в статике (объяснения в тексте).

Первым условием биостатики животных, передвигающихся по земле, должна быть такая поза, при которой центр тяжести тела проецируется на площадь ограниченную опорными конечностями. В связи с этим наиболее оптимальным является наличие четырех конечностей, позволяющее поочередно освобождать от опоры каждую конечность, сохраняя при этом опорный треугольник, т. е. обеспечивая отдых конечностей без нарушения указанного условия биостатики.

Вторым условием биостатики является надежная фиксация туловища на выпрямленных конечностях. Для этого наиболее выгодно было бы иметь костное соединение скелета конечностей с позвоночником, однако такое соединение сильно затрудняло бы локомоцию — главную функцию этого аппарата, и в процессе эволюции возник механизм, позволяющий сочетать обе функции — костное соединение у бегающих животных постепенно уступило место мышечному подвешивающему поясу. Мускулатура этого пояса у пальцеходящих и особенно у копытных подверглась существенной перестройке — поверхностные фасции этих мышц усилились настолько, что у лошади, например, вентральный зубчатый мускул (m. serratus ventralis) во время стояния животного функционирует как связка, а во время локомоции — как активный двигатель.

Третьим условием биостатики является неподгибаемость конечностей при стоянии. Это условие труднее всего обеспечить, так как конечность в выпрямленном состоянии не является прямолинейной вертикальной опорой, а несет в себе несколько открытых углов в местах сочленения смежных звеньев (рисунок). Сила гравитации G, передаваясь на почву в месте опоры копыта, вызывает ответную реакцию опоры. Линия действия вертикальной составляющей R_z этой реакции проходит на определенном расстоянии перед путовым и запястным суставами, в районе оси вращения (перед ней, за ней или на ней) локтевого сустава и позади плечевого сустава, создавая в конечности

моменты уменьшения открытых углов. Плечами действия силы R_z являются h_1, h_2, h_3, h_4 (рисунок). Но по условиям биостатики конечность не должна подгибаться, для чего в каждом суставе необходимо наличие мышечно-связочного момента M_1, равного по величине моменту силы R_z относительно данного сустава и противоположного ему по знаку. На рисунке эти моменты обозначены как M_1, M_2, M_3 и M_4. В образовании их принимают участие следующие главные мышцы: для плечевого сустава — двуглавая и предостная, для локтевого — двуглавая плеча и сгибатели запястья и пальцев, в запястном — мышцы, фиксирующиеся на добавочной кости этого сустава и для пальцевых суставов — поверхностный и глубокий сгибатели пальцев, а также межкостная мышца.

Характерной особенностью всех этих мышц у лошади и других копытных является то, что они на всем протяжении пронизаны прочными сухожильными волокнами, а в некоторых случаях мышечные волокна почти полностью исчезают, например m. interosseus medius у лошади. Такая перестройка не мешает мышцам выполнять динамические функции во время локомоции, но во время стояния позволяет им сводить до минимума трату мышечной энергии, что подтверждается электромиографией этих мускулов. Подтверждением этого служит и то, что животные, у которых названные мышцы не пронизаны сухожилиями, отдыхают только лежа (стопо- и пальцеходящие).

Из сказанного видно, что живая природа избрала и зафиксировала генетически силовой (пусть даже с минимальной тратой энергии) вариант биостатики грудных конечностей. Причина этого состоит в том, что грудные конечности являются не только органами опоры, но и активными толкателями тела вперед при локомоции, а последняя функция требует сохранения мышцами их динамического качества — сократительной способности.

ЛИТЕРАТУРА

Александер Р. 1970. Биомеханика. М.

Бернштейн Н. А. 1947. О построении движений, ч. I, М.

Его же. 1961. Очередные проблемы физиологии активности. Пробл. кибернетики, № 6.

Манзий С. Ф. 1952. Роль запястя в статиці грудних кінцівок деяких копитних. ДАН УРСР, № 4.

Милсум Дж. 1968. Анализ биологических систем управления. М.

Морейнис И. Ш. 1962. Применение методов механики для исследования принципиальных схем построения протезов бедра. Автореф. канд. дисс. М.

Поступила 24.VII 1973 г.

CONDITIONS OF PRINCIPLE FOR BIOSTATICS OF THORACIC LIMBS IN QUADRUPEDS

S. F. Manzy, V. I. Klykov

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

Summary

The article is devoted to the new approach to the analysis of animal biostatic mechanism taking into account force moment of gravitation and counteracting muscle-ligament moments of each joint and limb as a whole. It is shown that biostatics as unstable equilibrium in all animals is connected with certain expenditures of muscle's energy.